

CLIPPEDIMAGE= JP409129943A

PAT-NO: JP409129943A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09129943 A

TITLE: MANUFACTURE OF PIEZOELECTRIC TRANSFORMER

PUBN-DATE: May 16, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

FUKUOKA, AKIRA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NEC CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07282960

APPL-DATE: October 31, 1995

INT-CL (IPC): H01L041/22;H01L041/107

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the degree of polarization of the input-output section of a piezoelectric transformer by polarizing the output section at a high temperature near or higher than the Curie point in a first polarizing process and the input section in a high electric field at a temperature lower than that of the output section in a second polarizing process.

SOLUTION: In a first polarizing process, after a piezoelectric transformer is heated to 325°C in a constant temperature oven, the transformer is gradually cooled to $\leq 100^{\circ}\text{C}$ by spending five hours while a DC voltage of 3kV is applied to the output section of the transformer. In a second

polarizing process, after the transformer is heated to 150°C in silicone oil and a DC voltage of 2.6kV is applied to the input section of the transformer for 20 minutes, the transformer is taken out from the oil and quenched. When the output section is polarized at a temperature near or higher than the Curie point, the section can be polarized in a low electric field and a high degree of polarization is obtained. In the second polarizing process, the input section is polarized at a lower temperature and in a higher electric field than those of the output section. Therefore, the degree of polarization of the output section can be improved, because the depolarization of the output section which is polarized before the output section can be prevented at the time of polarizing the input section.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129943

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 41/22			H01L 41/22	B
41/107			41/08	A

審査請求 有 請求項の数 3 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-282960

(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 福岡 晃

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

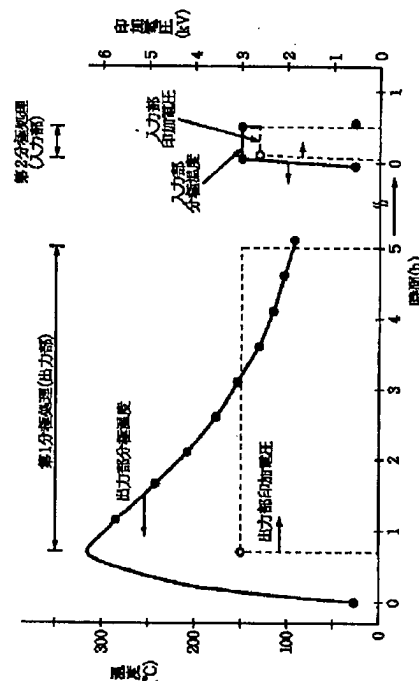
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 圧電トランスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】変圧比が高くクラック発生のない信頼性の高い圧電トランスを製造するために、出力部の分極度を高めることができる分極方法を提供する。

【解決手段】出力部および入力部の分極を、始めに、キュリー点近傍の温度以上に加熱した後、分極距離の長い出力部に直流電圧を印加し、電圧を一定に保持しつつ常温近傍まで徐冷した後、電圧印加を停止する第1の分極処理と、次に、第1の分極処理における温度より低い温度に加熱した後、分極距離の短い入力部に直流電圧を所定時間印加し、その直流電圧の印加を停止後、急冷する第2の分極処理の二段階で分極処理する。第1の分極処理で、徐冷するのに替えて急冷すると、出力部の分極度をより高めることができる。出力部に印加した直流電圧を一定に保つのに替えて、徐冷又は急冷の開始から、印加した直流電圧を徐々に上昇させて行くと、分極度を更に高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 長板状の圧電セラミック板に、分極の方向が互いに異なる、入力部及び出力部の二種類の領域を設けてなる圧電トランスを製造する方法であって、前記入力部及び出力部をそれぞれ前記分極の方向に分極させるための分極工程を含む圧電トランスの製造方法において、前記分極工程では、

始めに、前記圧電セラミック板をキュリー点近傍の温度以上に加熱した後、分極距離の長い方の領域に分極させるべき方向の直流電圧を印加し、その直流電圧を一定に保持しつつ常温近傍まで徐冷した後、電圧印加を停止する第1の分極処理と、

次に、前記圧電セラミック板を前記第1の分極処理における温度より低い温度に加熱した後、分極距離の短い方の領域に分極させるべき方向の直流電圧を所定時間印加し、その直流電圧の印加を停止後、急冷する第2の分極処理の二段階で分極処理することを特徴とする圧電トランスの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の圧電トランスの製造方法において、

前記第1の分極処理で、徐冷するのに替えて、急冷することを特徴とする圧電トランスの製造方法。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の圧電トランスの製造方法において、

前記分極距離の長い方の領域に印加した直流電圧を一定に保つのに替えて、前記徐冷又は急冷の開始から、前記印加した直流電圧を徐々に上昇させて行くことを特徴とする圧電トランスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電トランスの製造方法に関し、特に、入力電圧印加用電極および出力電圧取出し用電極が圧電体の表面に設けられた構造の圧電トランスを製造する際の、分極処理の方法に関わるものである。

【0002】

【従来の技術】この種の圧電トランスは、基本的に、例えばチタン酸ジルコニウム酸鉛（PZT: PbZrTiO₃）のような圧電性セラミック材料を焼成して得られる長板状の圧電体が、長手方向に沿って、駆動部（以後、入力部と記す）と発電部（以後、出力部と記す）の二種類の部分に分けられた構造となっている。昇圧は、入力部に設けた入力電圧印加用電極（以後、入力電極と記す）に交流電圧を加えて圧電体全体に長手方向の縦振動を発生させ、その圧電体の縦振動に応じて出力部に生じる電圧を、出力電圧取出し用電極（以後、出力電極と記す）から外部に取り出すことにより、行われる。入力電圧の加え方を変え、出力電極に入力電圧を印加すれば、降圧された電圧を入力電極から取り出すことができる。

【0003】図6に、このような圧電トランスの一例の斜視図を示す。図6を参照すると、この圧電トランス1では、長板状の圧電セラミック板10が、長手方向軸に沿って左側から順に、低インピーダンスの入力部11Lと、高インピーダンスの出力部12と、入力部11Lと同一構造の入力部11Rの三つの部分に区分されている。入力部11L、11Rは外部から電圧を入力する部分であって、それぞれの上・下両面にはほぼ全面（但し、セラミック板の周辺部を細く残して）に、平面状の入力電極13A、13B及び14A、14Bが設けられている。この入力部11L、11Rの部分のセラミック板は、図6中に太い矢印で示すように、予め厚さ方向に分極させられている。一方、出力部12は昇圧された電圧を取り出すための部分である。この出力部には、セラミック板10の長手方向中央の上下面に、セラミック板の幅方向に走る細長い出力電極15A、15Bが設けられている。この出力部12は、図6中に細い矢印で示すように、予めセラミック板10の長手方向に分極させられている。

【0004】上記の圧電トランスを昇圧トランスとして用いるときは、入力電極および出力電極を下記のように接続する。すなわち、入力部11Lの上側の電極13Aと入力部11Rの上側の電極14Aとを、入力端子17Aに接続する。一方、入力部11Lの下側の電極13Bおよび入力部11Rの下側の電極14Bは、入力端子17Bに接続すると共に、出力端子18Bにも接続する。これに対し出力部12では、上・下の出力電極15A、15Bどうしを短絡して、出力端子18Aに接続する。これでこのトランスは、入力部11L、11Rそれぞれの下側電極13B、14Bを入・出力に共通の電極とする、4端子構造となる。この状態で、二つの入力端子17A、17Bの間に外部から交流電圧 e_{in} を印加すると、入力部11L、11Rの部分のセラミック板が、圧電横効果31モードにより、長手方向に振動する。この振動は出力部12側に伝達され、セラミック板10全体に長手方向の縦振動が生じる。出力部12ではこのセラミック板の縦振動に応じて、圧電縦効果33モードにより、出力電極15A、15Bと入力部の下側電極13B、14Bとの間に電圧が生じる。その電圧が出力電圧 e_{out} として出力端子18A、18Bの間から取り出される。

【0005】ここで、上に述べたように、圧電トランスには入力部と出力部の二種類の領域が必要であり、且つ、それらの領域は必ず、予めセラミック板の長手方向または厚さ方向に分極させられている。つまり、一つの圧電トランスには、必ず、互いに異なる方向に分極された二種類の領域が存在することになる。そして、それらの領域における分極の度合いが高いほど、トランスとしての変圧比を大きくとれる。それら分極は、製造過程の分極処理工程で、セラミック板のそれぞれの領域に分極すべ

き方向の電界を加え双極子モーメントを生じさせることによって、行われる。その場合、双極子モーメントの発生の大ききつまり分極の度合は加えた電界の強さと温度に依存し、電界が強いほど分極が十分に行われ、又、温度が高ければ加えるべき電界が低く済むことが知られている。そこで、圧電トランスに限らず例えば圧電アクチュエータのような、圧電効果を利用する素子の製造における分極処理には、加熱と電界印加とを併用して比較的低電界で分極させることが、一般的に行われている。高電界での分極処理による素子の特性劣化や破壊あるいは、作業時の危険性や放電防止の困難さなどを避けるためである。その場合、素子を加熱するための媒体には、シリコンオイルのような絶縁油が多用されている。絶縁油は絶縁性に優れ、高電圧を必要とする分極処理に適しており、また150～200℃程度の高温が比較的容易に得られるからである。例えば特開昭64-14981号公報に開示されたモノモルフ素子の製造に際しては、100℃のシリコンオイル中で、距離200μmの電極間に400V(2kV/mm)の電圧(電界)を加えて分極処理を行っている。又、この出願発明の譲受人と同一譲受人による特願平6-174417号による圧電トランスでは、入力部および出力部の分極処理を、100℃の絶縁油中で4kV/mmの電界を加えることにより行っている。更に、同じくこの出願発明の譲受人と同一譲受人による特願平4-27040号による圧電トランスでは、150℃の絶縁油中で駆動部および発電部に1.5kV/mmの直流電界を加えて分極処理している。

【0006】このように、従来の圧電トランスの分極処理は、セラミック板のキュリー点やトランスの構造などにもよるが、およそ150～200℃程度に加熱した絶縁油中で数kV/mmの電界を加え、且つ、入力部および出力部とも同一の条件で行うことが一般的である。その場合、電界の印加は、通常、入力電極および出力電極を利用して行われる。例えば図6に示す圧電トランスにおいて入力部11L、11Rを分極処理するときは、上側の二つの電極13A、14Aどうしを短絡させ、また下側の二つの電極13B、14Bどうしを短絡させた上で、上下の電極間に直流電圧を加える。一方、出力部12の分極処理のときは、入力部の四つの入力電極13A、14A、13B、14Bを全て短絡させ、又、出力部側では、二つの出力電極15A、15Bどうしを短絡させる。そして、それら同電位の四つの入力電極と同じく同電位の二つの出力電極との間に直流電圧を加える。従って、入力部の分極処理と出力部の分極処理とは、それぞれの処理における入力電極、出力電極の接続の仕方が異なるので、必然的に、同時に実施することはできず、別々に、順番に行わなければならないことになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の分極処

理方法、すなわち、入力部と出力部とを同一の条件で、しかも別々に順番に行うという方法に基づいて製造した圧電トランスでは、これを動作させたときセラミック板にクラックが発生し易く、甚だしい場合は破壊に至ることがある。又、先に分極処理を行った部分での分極度が十分ではない、という問題が起る。以下にその説明を行う。

【0008】この種の圧電トランスでは、通常、変圧比を大きくするために、出力部12のの部分のセラミック板の長さ(すなわち、出力部の電極15A、15Bと入力部の電極13A、13Bとの間および、電極14A、14Bとの間の距離)を、セラミック板の厚さ(すなわち、入力部の電極13A、13B間の距離および電極14A、14B間の距離)に比べて長く設定する。入力部では低い入力電圧で大きなひずみを発生させるために、電極間距離を狭めて電界を高め、一方、出力部では高出力電圧を得るため、セラミック板のひずみ量つまり長さを大きくする必要があるからである。従って、出力部12の分極処理の際には、分極を飽和させるために、出力部の電極15A、15Bと入力部の電極13A、13Bとの間および14A、14Bとの間に高い電圧を加えることになり、この部分のセラミック板に長手方向の大きなひずみが生じる。

【0009】但し、上記の長手方向のひずみは、セラミック板10のうち、出力電極15A(15B)と入力電極13A(13B)とが向き合っている部分および出力電極15A(15B)と入力電極14A(14B)とが向き合っている部分に、発生するものである。ところが、セラミック板表面に電極を設けた構造のこの種の圧電トランスでは一般に、図6に見られるように、各電極をセラミック板10のエッジから多少引き退げて内側に形成する。すなわち、各電極は、セラミック板の幅方向の端から端まで全幅に亘って形成されているのではなく、セラミック板の端には電極が形成されていない部分がある。セラミック板のエッジ部での電界集中による異常放電を避けるためである。従って、入力部12には、分極処理時に長手方向にひずみを発生する部分と、ひずみが生じない部分とが併存することになる。その結果、上記のひずみ発生部分とひずみ非発生部分との境界にひずみ量に応じた大きな応力が発生し、その応力が大きいときはセラミック板10に亀裂やクラックが発生してしまう。このようなクラックの発生は、出力部12の分極処理の際の印加電圧の大きさに左右され、分極処理温度が低く高電圧を加えなければならないほど、クラックが生じ易い。印加電圧を低下させるには、分極処理温度を高くすることが効果的であるが、その温度は、従来、絶縁油の温度に制限されて、最高200℃である。

【0010】次に、上述したように、圧電トランス製造の際には、出力部の分極処理と入力部の分極処理とを、別々に順番に行わなければならないのであるが、この場

合、先に分極処理した部分の分極が後の分極処理の際の加熱で戻ってしまうという、脱分極現象が起る。この脱分極は、高温であるほど著しい。例えば、図7は、PZT系の圧電性セラミック材料から得た焼結体を一度分極させた後、高温中に保管し、保管温度と分極度の低下度合との関係を調査した結果を示すものである。セラミック材料としてはNEPEC8（商品名：（株）トーキン）を用い、これを面積 $37.0 \times 5.3 \text{ mm}^2$ で厚さ 1.3 mm の圧電板に成形し、焼成した。その後、その焼結体の上下面に電極を設け、 150°C のシリコンオイル中で、厚さ方向に 2.0 kV/mm の一定直流電界を30分間印加して、分極処理を行った。そして、その分極させた試料を高温の恒温槽中に30分間保管した後、圧電特性（横効果電気機械結合係数 k_{31} および機械品質係数 Q_m ）を測定し、分極度を算出した。

【0011】図7を参照すると、分極度は保管温度が 150°C を越えたと下り始め、 200°C を越えたと急激に低下して行く。すなわち、保管温度が分極処理温度を越えたと、一度分極したものが戻り始めることが分る。このことから、圧電トランスにおいて、出力部と入力部とを、順番に、同一条件で、分極処理を行うという従来の製造方法では、先に分極処理を施した部分の分極が後の分極処理時に受ける熱によって戻ってしまい、十分な変圧比を得ることができなくなってしまうのである。

【0012】従って本発明は、出力部および入力部の分極度が従来より高くしかも、クラック発生などのない、変圧比が大きく信頼の高い圧電トランスを製造する方法、特に、分極方法を提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の圧電トランスの製造方法は、長板状の圧電セラミック板に、分極の方向が互いに異なる、入力部及び出力部の二種類の領域を設けてなる圧電トランスを製造する方法であって、前記入力部及び出力部をそれぞれ前記分極の方向に分極させるための分極工程を含む圧電トランスの製造方法において、前記分極工程では、始めに、前記圧電セラミック板をキュリー点近傍の温度以上に加熱した後、分極距離の長い方の領域に分極させるべき方向の直流電圧を印加し、その直流電圧を一定に保持しつつ常温近傍まで徐冷した後、電圧印加を停止する第1の分極処理と、次に、前記圧電セラミック板を前記第1の分極処理における温度より低い温度に加熱した後、分極距離の短い方の領域に分極させるべき方向の直流電圧を所定時間印加し、その直流電圧の印加を停止後、急冷する第2の分極処理の二段階で分極処理することとを特徴とする。

【0014】又、上記の圧電トランスの製造方法において、前記第1の分極処理で、徐冷するのに替えて、急冷することとを特徴とする。

【0015】更に、上記の圧電トランスの製造方法にお

いて、前記分極距離の長い方の領域に印加した直流電圧を一定に保つのに替えて、前記徐冷又は急冷の開始から、前記印加した直流電圧を徐々に上昇させて行くことを特徴とする。

【0016】本発明において第1の分極処理では、分極距離が長く印加電圧に伴うひずみ量の大きい方の領域つまり出力部を、キュリー点近傍の温度以上の高温で分極処理することで、低電界で分極できるようにしている。これにより、応力の集中する出力部の電極近傍でのひずみを少なくしながら、高い分極度を得る。一方、第2分極処理では、分極距離が短くひずみ量の小さい領域つまり入力部を、出力部より低い温度、高い電界で分極処理している。これにより、先に分極させた出力部の分極が、後から行われる入力部の分極処理の際の加熱で戻ることを防ぎ、出力部の分極度を従来より高めている。

【0017】第1の分極処理の際の冷却を急冷で行うと、圧電セラミック板が高温に曝されている時間が短くなるので、出力部では高温による分極の戻りが小さくなり、その分、分極度が高くなる。

【0018】更に第1の分極処理の際に、圧電セラミック板の内部抵抗が温度の低下に伴って上昇する現象を利用して、出力部に印加した直流電圧を徐々に高めて行くと、その高めた分、出力部の分極度が高まる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について、説明する。本発明者は、以下に述べる幾つかの実施の形態の分極方法により、図6に斜視図を示す構造の圧電トランスを作製し、出力部および入力部の分極度を測定した。又、完成したトランスを動作させ、性能を評価した。

【0020】始めに、全ての実施の形態に共通な事項について、述べる。

（1）製造工程

① 先ず、圧電セラミック板10を形成する。

【0021】PZT系の圧電性セラミック材料としてNEPEC8（商品名：（株）トーキン）を用い、これを焼成して、キュリー点が 310°C で、平面形状 $37 \times 5.3 \text{ mm}$ 、厚さ 1.3 mm の長板状の焼結体を得た。

【0022】②次に、入・出力電極13A、13B、14A、14B、15A、15Bを形成する。

【0023】銀ペーストを使用した厚膜スクリーン印刷法によりパターン形成した後、 600°C で焼き付けた。出力部12の電極15A、15Bと入力部11L側の入力電極13A、13Bとの距離および入力部11R側の入力電極14A、14Bとの距離は、それぞれ 6 mm である。

【0024】③次いで、出力部12の分極処理（第1分極処理）を行う。

【0025】入力部11L、11Rの上下に設けられた四つの電極13A、14A、13B、14Bを、治具で

短絡させる。又、出力部12の上下の電極15A、15Bどうしを、同じく治具で、短絡させる。そして、高温の恒温槽中で加熱しながら、入力部側の四つの電極をアース電位として出力側の二つの電極に直流電圧を加える。分極処理時の温度プロファイルおよび電圧プロファイルについては、後に、実施の形態ごとに詳述する。

【0026】④更に、入力部11L、11Rの分極処理（第2分極処理）を行う。

【0027】前の第1分極処理で各電極の短絡に用いた治具を全て取り外し、入力部11L、11Rの上側の二つの電極13A、14Aどうしを、治具で短絡させる。又、下側の二つの電極13B、14Bどうしを、同じく治具で、短絡させる。そして、シリコンオイル中で加熱しながら、上側の電極13A、14Aと下側の電極13B、14Bとの間に直流電圧を加える。分極処理時の温度プロファイルおよび電圧プロファイルについては、後に、実施の形態ごとに詳述する。以上の工程で、圧電トランスが完成する。

(2) 分極度測定およびトランス性能評価

トランス完成後、それぞれの入・出力電極に導線を取り付け、入力部および出力部それぞれの分極度を測定した。又、トランスの性能評価を行った。

【0028】①分極度測定

横効果電気機械結合係数 $k_{31\text{eff}}$ 及び縦効果電気機械結合係数 $k_{33\text{eff}}$ を測定し、その測定値から分極度を算出した。測定結果については、後に、実施の形態ごとに詳述する。

【0029】②トランス性能評価

図2に示す測定回路により、トランスの入力電極に交流電圧を加え、動作中のトランスの表面温度を測定した。図2を参照して、直径3mmφ、長さ220mmの冷陰極管22にバラストコンデンサ21（容量8pF）を直列接続したものを、負荷とした。圧電トランス1への入力にはシンセサイザ29を用い、その交流正弦波出力をアンプ20により増幅して入力した。入力の際には、トランスの長さ3次振動モードの共振周波数（約130kHz）近傍で、出力電流5mAで入力電圧が最低となるように、入力周波数を調整した。トランスの表面温度測定には非接触式赤外線熱画像装置を用い、トランスの出力部表面で最も温度上昇の大きい位置での温度を採用した。評価結果については、後に、実施の形態ごとに詳述する。

【0030】尚、分極度測定および性能評価に当っては、トランスの機械振動の節に相当する位置で、入・出力電極それぞれの中央に、0.1mmφの銅線をはんだ付けした。

【0031】以下に、第1の実施の形態から第4の実施の形態について、実施の形態ごとに説明する。

【0032】〔第1の実施の形態〕図1は、本実施の形態における、第1分極処理（出力部の分極処理）および

第2分極処理（入力部の分極処理）時の、温度プロファイルおよび電圧プロファイルを示す図である。図1を参照して、本実施の形態では、第1分極処理で、トランスを恒温槽中で325℃に加熱し、出力部に3kV（0.5kV/mm）の直流電圧を印加した状態で5時間掛けて100℃以下に徐冷した。次いで第2分極処理で、トランスをシリコンオイル中で150℃に加熱し、入力部に2.6kV（2.0kV/mm）の直流電圧を20分間印加した後、電圧印加を停止すると同時に取り出し、急冷した。

【0033】このようにして得たトランスを洗浄、乾燥した後、10個につき分極度を確認したところ、入力部は99%、出力部は94%の平均分極度であった。

【0034】又、図2に示す回路で、入力電極に交流電圧34V_{rms}を入力し、10個ともに、5mA、2.5Wの出力を得た。このとき、トランスの平均温度上昇は、25℃であった。

【0035】更に、第1分極処理の温度を変えて分極度を測定したところ、295℃以上であれば、0.5kV/mmの直流電界で同等の分極度が得られることが、判明した。

【0036】次に、比較例として、従来の分極方法により、出力部および入力部を分極処理した。まず、空気中で150℃、2.0kV/mmの条件、すなわち、（圧電セラミック焼結体の分極処理条件としては）比較的低温、高電界で、出力部の分極処理を試みた。しかし、処理時に放電が生じたり、分極が終了した後のトランスにクラックが見られ、分極電界を低下させる必要があることが、分った。

【0037】その後、分極処理温度を先の温度より高め、直流電界を先の電界より低めた条件つまり中温度、中電界の条件に変更し、出力部、入力部の順に同一条件で分極処理した。すなわち、シリコンオイルを用いてトランスを200℃とし、出力部に6.0kV（1.0kV/mm）の直流電圧を20分間印加して分極処理を行い、次に、同じくシリコンオイル中、200℃で、入力部に1.3kV（1.0kV/mm）の直流電圧を20分間印加して、入力部を分極処理した。このトランスの10個について分極度を確認したところ、入力部の平均分極度は97%であったが、出力部は平均分極度が90%で、分極度に低下が見られた。

【0038】そこで、更に検討の結果、図3に示す条件で分極処理を行った。すなわち、トランスを150℃のシリコンオイル中に入れた後、温度を200℃に上げ、出力部に6.0kV（1.0kV/mm）の直流電圧を20分間印加し、電圧印加停止後ただちにトランスを取り出して急冷することにより、出力部を分極処理した（第1分極処理）。次に、150℃のシリコンオイル中で、入力部に2.6kV（2.0kV/mm）の直流電圧を20分間印加し、電圧印加停止後ただちにトラ

ンスを取り出して急冷することにより、入力部を分極処理した(第2分極処理)。このようにして得たトランス10個につき分極度を確認したところ、入力部は97%、出力部は93%の平均分極度であった。又、図2に示す回路で、入力電極に交流電圧 $37V_{rms}$ を入力し、10個ともに5mA、2.5Wの出力を得た。しかし、このとき、圧電トランスの平均温度上昇は35℃と高い値を示した。又、試験中に2個の圧電トランスには、出力部電極近傍にクラックが発生した。

【0039】〔第2の実施の形態〕図4は、本実施の形態における、第1分極処理(出力部の分極処理)および第2分極処理(入力部の分極処理)時の、温度プロファイルおよび電圧プロファイルを示す図である。図4を参照して、本実施の形態では、第1分極処理で、トランスを恒温槽中(急冷用の強制空冷装置付)で325℃に加熱し、出力部に3kV(0.5kV/mm)の直流電圧を印加した状態で、強制空冷装置を用いて-4.5℃/分の温度勾配で100℃以下に冷却した。次いで、シリコンオイル中で、第2分極処理を施した。分極処理条件は、第1の実施の形態における第2分極処理の条件と同一である。

【0040】このようにして得たトランスを洗浄、乾燥した後、10個につき分極度を確認したところ、入力部は99%、出力部は96%と、第1の実施の形態に比べても更に良好な平均分極度であった。又、図2に示す回路で、入力電極に交流電圧 $30V_{rms}$ を入力し、10個ともに、5mA、2.5Wの出力を得た。このとき、トランスの平均温度上昇は20℃で、第1の実施の形態における25℃よりも、低かった。

【0041】前述したように、PZT等の圧電セラミック焼結体の分極処理は、温度が高いほど低電界で済む。特に、キュリー点以上の高い温度で分極させると、非常に短い時間で分極が完了する。しかし一方では、分極処理温度が高ければ高いほど、処理後の冷却過程で高温に曝されている時間が長くなるので、分極の戻りが大きくなってしまふ。このような、高温による分極の戻りは、セラミックに電界を加えた状態であっても、程度の違いはあれ、同様に見られる。従って、第1の実施の形態のように第1分極処理の際の冷却を徐冷で行うときには、出力部の分極度がその徐冷過程で多少低下することは、免れ難い。そこで、本実施の形態では、その対策として、第1分極処理に際してトランスに熱膨張、熱収縮によるクラックを生じさせない程度の急冷を行い、トランスが高い温度に曝される時間を短くすることによって、分極度の低下を防止しているのである。本実施例では、第1分極処理における冷却速度を-4.5℃/分としたが、-50℃/分程度までであれば、クラック発生などの点では特に問題がないことを確認した。

【0042】〔第3の実施の形態〕図5は、本実施の形態における、第1分極処理(出力部の分極処理)および

第2分極処理(入力部の分極処理)時の、温度プロファイルおよび電圧プロファイルを示す図である。図5を参照して、本実施の形態では、第1分極処理で、トランスを恒温槽中(空冷装置付)で325℃に加熱し、出力部に3kV(0.5kV/mm)の直流電圧を印加した。その後、約-2.0℃/分の温度勾配で冷却しながら150℃になる迄の間、温度の低下につれて、電圧を約-15V/℃の割合で増加させた。そして、最終的にトランス温度が100℃以下になる迄に、6.5KV(約1.1kV/mm)の電圧を印加した。次いで、シリコンオイル中で、第2分極処理を施した。分極処理条件は、第1の実施の形態における第2分極処理の条件と同一である。

【0043】このようにして得たトランスを洗浄、乾燥した後、10個につき分極度を確認したところ、入力部は99%、出力部は95%と、第1の実施の形態に比べても更に良好な平均分極度であった。又、図2に示す回路で、入力電極に交流電圧 $32V_{rms}$ を入力し、10個ともに、5mA、2.5Wの出力を得た。このとき、トランスの平均温度上昇は22℃で、第1の実施の形態における25℃よりも、低かった。

【0044】第1の実施の形態に見られる、分極処理の際の冷却時の分極度低下を防止する方法としては、印加電界を高くすることが有効である。しかし、温度が高いと圧電セラミックの内部抵抗が低いので、分極処理開始当初のまだ高温のときには、印加できる電界には制限がある。そこで、本実施の形態では、セラミックの冷却時に、その冷極に応じて内部抵抗が上昇することを利用して、印加電界を漸増させ、これにより冷却時の分極度低下を防いでいる。本実施の形態では、第1分極処理を空気雰囲気中で行っているため、圧電セラミック表面でのリーク発生などの関係で、低温になった後の印加電界を1.1kV/mmとそれ程高くはできなかったが、トランス表面に絶縁油脂等を塗布するなど放電対策を講じれば、もっと大きな効果を期待できる。

【0045】〔第4の実施の形態〕第1分極処理時に、第2の実施の形態における第1分極処理時と同じ急冷条件(-4.5℃/分。図4参照)で冷却しながら、第3の実施の形態における第1の分極処理時と同じ電圧上昇条件(-15V/℃。図5参照)で漸増させた。その後、第2分極処理を、第1～第3の実施の形態における第2分極処理と同一の条件で行った。

【0046】このようにして得たトランスを洗浄、乾燥した後、5個につき分極度を確認したところ、入力部は99%、出力部は97%と、第1の実施の形態に比べても更に良好な平均分極度であった。又、図2に示す回路で、入力電極に交流電圧 $30V_{rms}$ を入力し、5mA、2.5Wの出力を得た。このとき、トランスの平均温度上昇は19℃で、第1の実施の形態における25℃よりも、低かった。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、第1の分極処理で、分極距離が長く印加電圧に伴うひずみ量の大きい方の出力部をキュリー点近傍の温度以上の高温で分極処理することで、低電界で分極できるようにしている。これにより、応力の集中する出力部の電極近傍でのひずみを少くしながら、高い分極度を得ている。又、第2分極処理では、分極距離が短くひずみ量の小さい入力部を、出力部より低い温度、高い電界で分極処理している。これにより、先に分極させた出力部の分極が、後から行われる入力部の分極処理の際の加熱で戻ることを防ぎ、出力部の分極度を従来より高めている。

【0048】これにより本発明によれば、変圧比が大きくしかも、クラックなどの機械的損傷のない信頼性に高い圧電トランスを提供することができる。

【0049】第1の分極処理の際の冷却を急冷で行うと、圧電セラミック板が高温に曝されている時間が短くなるので、出力部では高温による分極の戻りが小さくなり、その分、分極度が高くなり、変圧比を更に大きくできる。

【0050】更に、第1の分極処理の際に、圧電セラミック板の内部抵抗が温度の低下に伴って上昇する現象を利用して、出力部に印加した直流電圧を冷却開始と同時に徐々に高めて行くと、その高めた分、出力部の分極度が高まるので、変圧比をより大きくできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における分極処理条件を示す図である。

【図2】圧電トランスの性能評価に用いた回路の回路図である。

【図3】比較例の製造方法における分極処理条件を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態における分極処理条件を示す図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態における分極処理条件を示す図である。

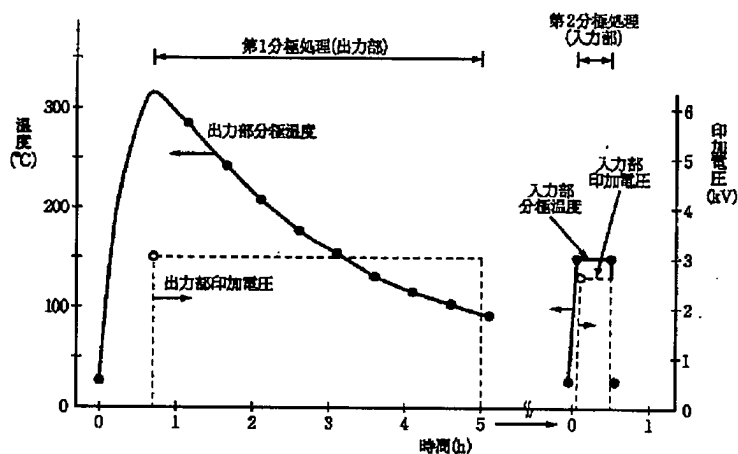
【図6】圧電トランスの一例の斜視図である。

【図7】分極させた圧電セラミック焼結体における、保管温度と分極度の低下との関係を示す図である。

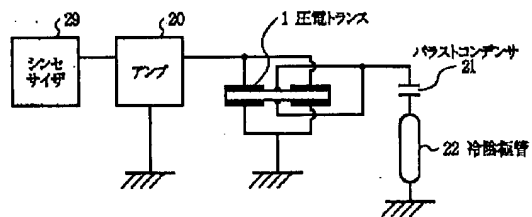
【符号の説明】

- 1 圧電トランス
- 10 セラミック板
- 11L, 11R 入力部
- 12 出力部
- 13A, 13B, 14A, 14B 入力電極
- 15A, 15B 出力電極
- 17A, 17B 入力端子
- 18A, 18B 出力端子
- 20 アンプ
- 21 バラストコンデンサ
- 22 冷陰極管
- 29 シンセサイザ

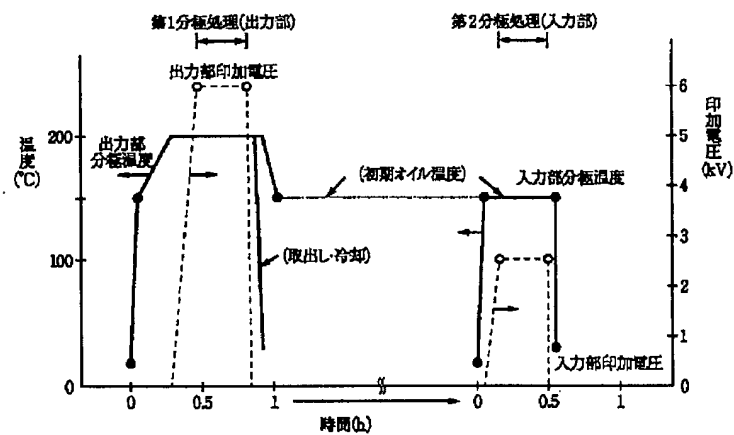
【図1】



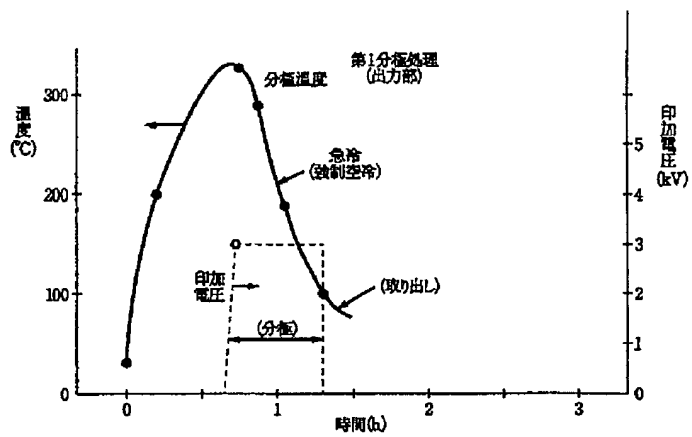
【図2】



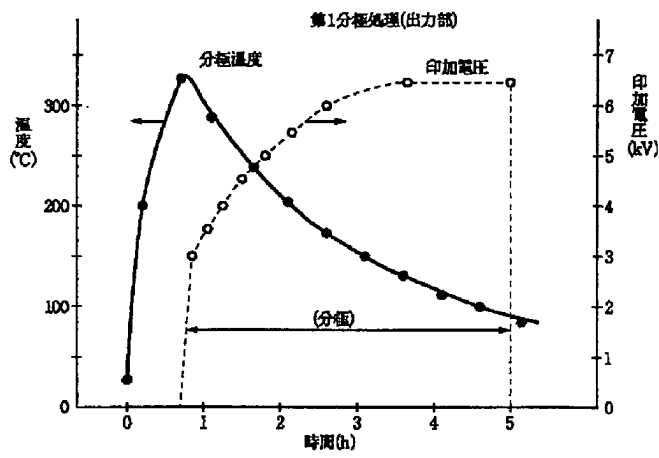
【図3】



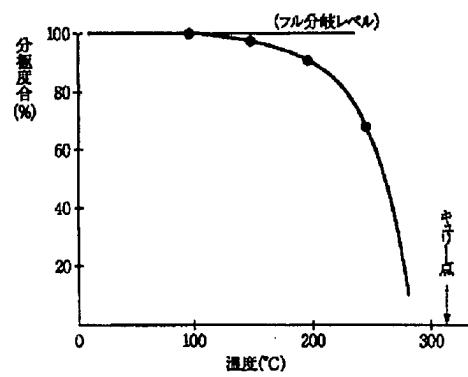
【図4】



【図5】



【図7】



【図6】

